Wasserstoffperoxid (H_2O_2)

Dieses Modul umfasst 50% der schriftlichen Abiturprüfung.

Aufgaben

1 Herstellung von Wasserstoffperoxid
Wasserstoffperoxid ist eine schwach blaue, in verdünnter Lösung farblose Flüssigkeit. Es reagiert leicht sauer und gehört zu den starken Oxidationsmitteln. Die Einsatzbereiche von Wasserstoffperoxid sind vielfältig. Es wird u.a. zur Papierherstellung (Bleichen von Zellstoff), zum Blondieren von Haaren, als Desinfektionsmittel, als Bestandteil von Raketentreibstoffen sowie zur Herstellung von Sprengstoffen eingesetzt.
Früher hat man Wasserstoffperoxid hauptsächlich durch Elektrolyse von Schwefelsäure hergestellt. Dabei bildet sich Peroxodischwefelsäure ($H_2S_2O_8$), die dann in einer späteren Synthesestufe wieder zu Schwefelsäure und Wasserstoffperoxid hydrolysiert.

1.1 Formulieren Sie mithilfe von Material 1 alle möglichen Teilgleichungen der an Anode und Kathode ablaufenden Reaktionen für die Elektrolyse von Schwefelsäure.

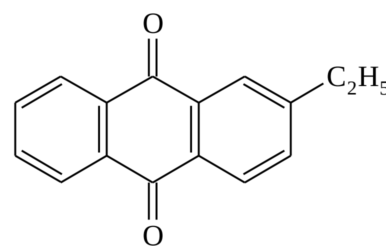
(4 BE)

1.2 Begründen Sie mit Hilfe von Material 1, weshalb es an der Anode nicht zur Bildung von Sauerstoff kommt.

(3 BE)

1.3 Heute wird Wasserstoffperoxid überwiegend nach dem sogenannten Anthrachinon-Verfahren hergestellt.
Die großtechnische Darstellung lässt sich in vier Verfahrensstufen unterteilen (die folgende Reihenfolge ist ungeordnet):

- Extraktion von Wasserstoffperoxid
- Hydrierung von Ethylanthrachinon
- Reinigung und Aufkonzentrierung der Wasserstoffperoxid-Lösung durch Destillation
- Begasung mittels Luft (O_2) und Bildung von Wasserstoffperoxid



Ethylanthrachinon

1.3.1 Ordnen Sie die vier Verfahrensstufen den entsprechenden Anlagenteilen (1–4) im Verfahrensfließbild zur Herstellung von Wasserstoffperoxid zu und benennen Sie die Anlagenteile (Material 2).

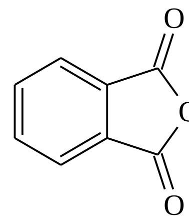
(5 BE)

1.3.2 Formulieren Sie unter Angabe der Strukturformeln die beiden Reaktionsgleichungen der beim Anthrachinon-Verfahren ablaufenden Reaktionen.

Hinweis: Die C-Atome des Ringsystems werden nicht hydriert.

(4 BE)

2 Synthese von Ethylanthrachinon
Ethylanthrachinon wird durch Reaktion von Phthalsäureanhydrid mit Ethylbenzen hergestellt. Dabei wird Phtalsäureanhydrid zunächst durch eine elektrophile Substitution an das Ethylbenzen gebunden. Unter Abspaltung von Wasser bildet sich dann in einem zweiten Reaktionsschritt Ethylanthrachinon.



Phthalsäureanhydrid

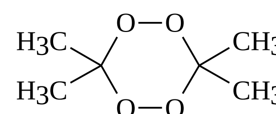
2.1 Entwickeln Sie für den ersten Reaktionsschritt den Reaktionsmechanismus und begründen Sie den Sachverhalt, dass für diese Reaktion kein Katalysator benötigt wird.

(9 BE)

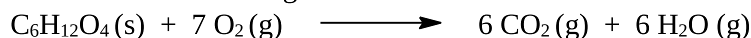
2.2 Erklären Sie den Ort der Zweitsubstitution.

(2 BE)

3 Acetonperoxid
Acetonperoxid (M = 148 g/mol) ist ein hochexplosiver, schlagempfindlicher Sprengstoff, der unter anderem bei den Attentaten in Paris im November 2015 verwendet wurde. Acetonperoxid bildet sich bei der Einwirkung von Wasserstoffperoxid auf Aceton (Propanon).
Acetonperoxid zerfällt bei der Detonation zu Kohlenstoffdioxid und Wasser. Dabei läuft folgende Reaktion ab:



Acetonperoxid


$C_6H_{12}O_4$ (s) + 7 O_2 (g) $\longrightarrow$ 6 CO_2 (g) + 6 H_2O (g)

Berechnen Sie das Gasvolumen der Produkte (in Liter) bei der Explosion von 50,0 g Acetonperoxid bei einem Druck von 1020 mbar und einer Temperatur von 20 °C und erörtern Sie die Ursache für die Sprengwirkung.

(5 BE)

4 Laborpraktische Aufgabe: Bestimmung von Wasserstoffperoxid in einem Blondierungsmittel
Das Blondieren von Haaren beruht auf der oxidierenden Wirkung von Wasserstoffperoxid, das wesentlicher Bestandteil von Blondierungsmitteln ist. Der Gehalt an H_2O_2 in Blondierungsmitteln darf einen Massenanteil von $w(H_2O_2)$ = 6 % nicht überschreiten.
Der Massenanteil an Wasserstoffperoxid in einem Blondierungsmittel soll mittels Redoxtitration mit einer Cer(IV)-sulfat-Maßlösung bestimmt werden. Dabei werden Ce^{4+}-Ionen zu Ce^{3+}-Ionen reduziert.

4.1 Formulieren Sie die zugrunde liegende Redoxreaktion nach der Oxidationszahlmethode.
Hinweis: Die Reaktion findet im sauren Milieu statt.

(3 BE)

4.2 Führen Sie die Gehaltsbestimmung nach der gegebenen Arbeitsvorschrift durch (Material 3). Berechnen Sie den Massenanteil $w(H_2O_2)$ in dem Blondierungsmittel (in %) und prüfen Sie, ob die vorgeschriebene Obergrenze überschritten wird.

Hinweis: Berücksichtigen Sie bei der Durchführung und Auswertung des Versuchs die Bestimmungen der Guten Laborpraxis (GLP).

(15 BE)

Material 1

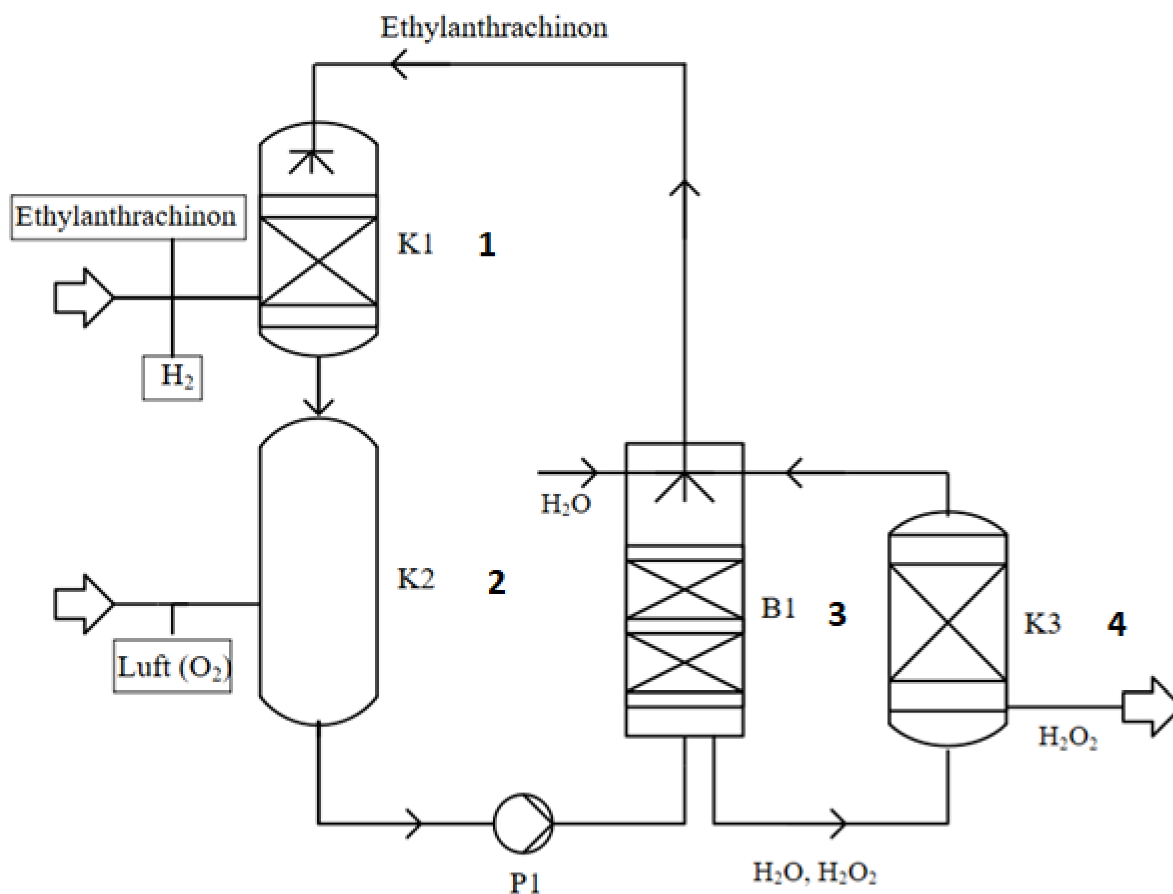
Standardpotenziale E^0 ausgewählter Redoxsysteme

Redoxpaar	Standardpotenzial E^0 in V
$2\ SO_4^{2-}/S_2O_8^{2-}$	+ 2,00
$2\ Cl^-/Cl_2$	+ 1,36
H_2O/O_2 (pH < 7)	+ 1,23
OH^-/O_2 (pH > 7)	+ 0,40
SO_3^{2-}/SO_4^{2-}	+ 0,20
$H_2/2\ H^+$	0,00

Hans-Jerg Dorn u.a.: Gymnasium Tafelwerk, Stuttgart 2009, S. 192.

Material 2

Verfahrensfließbild zur Herstellung von H_2O_2 nach dem Anthrachinon-Verfahren



geändert nach: V. Hopp: Grundlagen der chemischen Technologie, Weinheim 2001, S. 51.

Material 3

Bestimmung des Massenanteils $w(H_2O_2)$ in einem Blondierungsmittel

Geräte

100 mL Messkolben mit Probelösung
2 Weithals-ERLENMEYER-Kolben (250 mL)
Vollpipette (20 mL)
Messzylinder (25 mL)
Bürette (50 mL)
Trichter
Bechergläser (50 mL oder 100 mL)
2 Pasteurpipetten

Chemikalien

Cer(IV)-sulfat-Lösung ($c(Ce(SO_4)_2)$ = 0,100 mol/L)
Schwefelsäure ($w(H_2SO_4)$ = 25 %)
Ferroin-Lösung (w(Ferroin) = 2,5 %)

Sicherheitsdaten

Beachten Sie vor dem Umgang mit den Chemikalien die ausliegenden HessGISS-Datenblätter.

Durchführung

Als Probe wurde Ihnen eine definierte Masse des Blondierungsmittels in einen 100 mL Messkolben eingewogen und mit wenig entmineralisiertem Wasser (E-Wasser) versetzt. Die Masse des eingewogenen Blondierungsmittels ist auf dem Messkolben angegeben. Füllen Sie diesen mit demineralisiertem Wasser bis zur Messmarke auf. Pipettieren Sie 20 mL der aufgefüllten Probelösung in einen ERLENMEYER-Kolben. Geben Sie mit einem Messzylinder 25 mL der Schwefelsäure hinzu und füllen Sie den ERLENMEYER-Kolben bis ca. 100 mL mit E-Wasser auf. Fügen Sie dieser Lösung ca. 5 Tropfen Ferroin-Lösung als Indikator zu und titrieren Sie mit der Cer(IV)-sulfat-Maßlösung bis zur schwachen Blaugrün-Färbung.
Führen Sie eine Doppelbestimmung durch.

Entsorgung

Alle Lösungen werden in bereitgestellten Gefäßen gesammelt.